# Les vers de terre

**par Marcel Bouché**



**Une tonne de vers de terre à l'hectare ingère 250 tonnes de sol par an : ces chiffres, à eux seuls, illustrent le travail de titan réalisé par les lombriciens qui jouent un rôle majeur dans nos écosystèmes. Malgré le patronage de Darwin, ce rôle reste largement méconnu en raison du peu de recherches consacrées à ces animaux peu attirants. Une telle situation conduit à dilapider un capital irremplaçable, alors que sa valorisation pourrait aboutir à plusieurs « biotechnologies » importantes. Elle laisse aussi la porte ouverte aux pires excès : malgré l'indéniable intérêt de leur élevage, la commercialisation de prétendus vers de terre miracles est plus souvent un bluff commercial qu'une véritable solution pour les sols fatigués.**

*Figure 1. Tout un monde d'arthropodes, de vertébrés, de mollusques, etc., se nourrit de vers de terre qui représentent la première masse animale dans nos milieux. Certains prédateurs s'en nourrissent à l'occasion, d'autres sont plus spécialisés, comme cette chouette chevèche (cliché S. Cordier, Pitch).*

Les lombriciens, plus connus sous le nom de vers de terre, suscitent des réactions diverses : ils ont bonne réputation auprès des pêcheurs et des jardiniers, provoquent la répugnance du public, mais aussi l'imagination des poètes (le célèbre « ver de terre amoureux d'une étoile » de Victor Hugo), et sont rarement pris en compte par les chercheurs. Et pourtant, lorsque le sol est humide, chacun peut vérifier leur présence dans chaque bêchée de terre, que ce soit en forêt, dans une prairie, un jardin ou un champ. Cette omniprésence traduit une réussite écologique étonnante pour des animaux considérés par ailleurs comme « primitifs » ou « inférieurs ». Sait-on qu'ils représentent en fait la première masse animale sur Terre et, à ce titre, jouent un rôle écologique majeur ? Qualifiés par Darwin de « premiers laboureurs », ils ont, en effet, une fonction essentielle d'aération et de structuration des sols et contribuent fortement à la fertilité des milieux, transformant les déchets organiques (feuilles mortes, fèces d'animaux, etc.) en des composés directement assimilables par les plantes. Mais les pratiques agricoles modernes, notamment l'utilisation intensive de pesticides, ont des conséquences désastreuses sur la faune du sol, détruisant un capital inestimable et irremplaçable. S'il est effectivement possible de se substituer partiellement à ces animaux par le tracteur ou l'apport d'engrais azotés, ces techniques trouvent vite leur limite en forêt, en sols caillouteux ou pentus... Permettre aux lombriciens de poursuivre ou de développer leur activité souterraine n'est donc pas un « luxe » d'écologiste; l'agronomie y trouve un intérêt certain. En outre, il apparaît que l'on peut aujourd'hui utiliser sciemment les lombriciens, et ce, à de multiples fins. Par exemple, l'introduction raisonnée de vers de terre dans des régions déboisées ou défaunées par les pesticides est d'ores et déjà envisagée pour rétablir les qualités agronomiques des sols devenus fragiles. Différentes expériences montrent également que les lombriciens peuvent être employés pour traiter les déchets accumulés par l'homme : leur élevage sur ordures ménagères, sur les résidus agro-alimentaires ou les lisiers de porcs peut contribuer à trier les matières indésirables, tout en produisant un terreau ou un « lombricompost » utilisable par les agriculteurs et les horticulteurs. En somme, il s'agit de rétablir un recyclage naturel de la matière, les vers reprenant leur place initiale. De même, les lombriciens sont normalement consommés par diverses espèces sauvages (fig. 1) et peuvent aussi constituer une source alimentaire protéique intéressante pour de nombreux animaux domestiques voire pour l'homme ! Bref ces quelques exemples, sur lesquels nous reviendrons, montrent à quel point les lombriciens, trop longtemps ignorés, ont une place à trouver dans les systèmes économiques de demain. Encore faut-il que l'homme en soit conscient... et qu'il connaisse mieux ces animaux et leur rôle exact.

**larcel Bouché**, locteur es-ciences, est di-ecteur du labo-atoire de zoo-écologie du sol l'INRA. Ce la-oratoire est im-lanté dans le entre Louis Em-erger du NRS, à Mont-ellier.

Les lombriciens sont des annélides, c'est-à-dire des animaux au corps constitué par une série d'anneaux successifs (métamères), tous d'anatomie à peu près semblable et dans lesquels les principaux organes se répètent régulièrement (fig. 2). Animaux saprophages, ils se nourrissent des déchets organiques qui jonchent le sol : feuilles mortes et plantes en décomposition, plus rarement déjections et cadavres d'animaux. Leur histoire remonte vraisemblablement au Précambrien, il y a environ 700 MA, époque à laquelle on retrouve les premières traces d'animaux vermiformes (*la Recherche,* n° 112, p. 666, juin 1980). La métamérisation caractéristique des annélides est plus récente, certaine à partir de 570 MA. Au cours de l'évolution, les vers annelés se sont diversifiés en une multitude de familles, d'espèces et de sous-espèces qui ont progressivement conquis tous les milieux, la mer, l'eau douce et enfin la terre[1].

Les vers de terre proprement dits se sont différenciés probablement simultanément avec le développement des végétaux supérieurs terrestres; leur existence est certaine sur la Pangée au début du Secondaire. Il existe aujourd'hui une grande variété de lombriciens, chaque espèce ayant des aptitudes et des rôles spécifiques. On peut les classer en trois grands groupes écologiques qui reflètent des adaptations aux différentes contraintes et nécessités vitales[2] (fig. 3). On reconnaît d'emblée les *épigés* qui vivent à la surface du sol dans les accumulations organiques (litières, troncs morts, fèces de bétail, etc.). Cette vie sur le sol les expose aux aléas climatiques (froid, sécheresse) et aux prédateurs. Ils parviennent à se maintenir grâce à leur homochromie (couleur caractéristique semblable à celle du milieu), qui limite l'action prédatrice, à leurs cocons résistant à la sécheresse, et surtout à leur démographie galopante, qui cicatrise les pertes en exploitant la nourriture abondante disponible dans ces accumulations organiques.

Les *endogés*, appartenant au deuxième grand type écologique, vivent en permanence dans le sol. Ils sont apigmentés, de taille variable et se nourrissent essentiellement de terre plus ou moins mélangée à la matière organique. Leur reproduction est souvent modeste car ils sont relativement à l'abri des prédateurs. Représentant de 20 à 50 % de la biomasse des sols fertiles en Europe, ils forment un groupe relativement hétérogène, dans lequel P. Lavelle, chercheur à l'Ecole normale supérieure, distingue trois subdivisions : les oligohumiques qui se nourrissent de terre pauvre en matière organique, généralement dans les strates profondes du sol; les mésohumiques qui s'alimentent d'un sol moyennement riche, surtout dans les couches superficielles; enfin, les polyhumiques, petits et filiformes, qui ingèrent les particules organiques présentes soit près de la surface, soit le long des racines. Parmi les polyhumiques, on observe deux cas particuliers : *Haplotaxis gordioides*, qui vit très profondément dans les drains naturels (ou artificiels); là, il forme des colonies d'individus très filiformes constituant d'inextricables pelotes qui filtrent les eaux circulantes, séparant ainsi les particules organiques par lévigation. L'autre cas est celui de *Agastrodilus dominicæ*, qui est parfois un prédateur d'autres vers de terre et dont l'odeur camphrée limiterait le cannibalisme entre congénères !

Dans l'ensemble, les endogés sont d'autant moins sensibles aux agressions (climat, prédateurs) qu'ils se rapprochent du type oligohumique, c'est-à-dire qu'ils vivent en profondeur[3]. Pendant les périodes de sécheresse, ils s'enroulent sur eux-mêmes sous forme de petites pelotes et tombent en léthargie.

Les *anéciques* sont de gros vers de terre qui constituent le troisième type écologique. Ils creusent des galeries subverticales. En s'accrochant par la queue à l'orifice de leur terrier, ils entraînent les débris organiques qui jonchent le sol et les ingèrent en les mélangeant à de la terre prise en profondeur. Ils sont responsables des tortillons de terre caractéristiques déposés sur le sol. En remontant ainsi à la surface de la terre profonde, ils jouent un rôle important d'aération des sols et d'affinage de la terre qu'ils « calibrent » en quelque sorte à la taille de leur tube digestif. Dans les sols fertiles de l'Europe tempérée, ils sont dominants, représentant environ 80 % du poids des lombriciens. En France, les adultes mesurent de 8 à 110 cm, les plus gros vivant plusieurs années. Généralement, ils ne sortent de leurs galeries qu'au crépuscule ou à la nuit, leur pigmentation très sombre traduisant une homochromie en condition de pénombre. Ils résistent aux sécheresses estivales en sombrant en léthargie. S. Saussey, de l'université de Caen, vient de montrer que cette diapause, sous contrôle hormonal, s'achève avant la fin de la plupart des périodes sèches, de sorte qu'elle coïnciderait plutôt avec les famines de l'été[4]. Nous venons de mettre en évidence que la régulation de cette diapause est liée à la photopériode (durée de la nuit).

**Un partage des ressources.**

D'une région à l'autre, le nombre de lombriciens varie considérablement. Selon le climat, le sol, la faune ou le type de végétation, l'abondance des épigés, endogés et anéciques varie et il y a un partage des tâches entre les trois types écologiques. En pays tempéré, l'apport de nourriture est rythmé par les saisons. Les plantes meurent entre l'été et la fin de l'automne et se déposent sur le sol en litière. Dès que les conditions d'humidité sont satisfaisantes, les épigés et surtout les anéciques « s'attaquent » à la litière. La qualité de celle-ci joue un grand rôle pour les anéciques. Si elle est constituée de feuilles tendres à décomposition rapide, les anéciques sont particulièrement abondants et l'enfouissent rapidement. Quand les feuilles sont résistantes, certains anéciques les entraînent dans leurs galeries, où elles subissent une attaque microbienne, et les ingèrent une fois ramollies. Quelques anéciques géants sont capables de broyer les feuilles très résistantes, comme celles du chêne vert. Si les feuilles sont inconsommables, les anéciques disparaissent : c'est, par exemple, ce que nous avons observé sous des résineux plantés dans des sols à anéciques.

Les épigés, beaucoup plus opportunistes, vivent dans les accumulations organiques que leur « laissent » les anéciques. Ils peuvent donc être totalement éliminés des zones où prolifèrent les anéciques, ou exploiter des milieux temporaires, comme les bouses de vache, ou encore profiter de l'inadaptation des anéciques.

Comme nous l'avons vu, les endogés s'alimentent dans le sol à partir des éléments que laissent les racines ou qui sont enfouis par les anéciques, ou encore fournis par l'entraînement de matière organique avec les eaux de pluie. Les endogés sont donc favorisés par les sols (ou saisons) à la fois chauds et humides qui sont propices à la décomposition et à l'incorporation gravitaire des pluviolessivats. Ceci explique leur relative abondance en Normandie et leur plus grande rareté en Bourgogne, dans deux prairies par ailleurs assez semblables. Ils sont également omniprésents dans les savanes africaines où ils ne sont actifs qu'en saison des pluies.

En fait, le partage des sources nutritionnelles est beaucoup plus subtil. Ainsi juvéniles et adultes d'anéciques ne se disputent pas la même nourriture : les formes jeunes s'alimentent de minuscules débris *dans* le sol, tandis que les adultes se partagent les différentes litières *sur* le sol. Dans les pays tropicaux, les espèces endogées se partagent le sol verticalement, les individus de profondeur (oligohumiques) traitant un sol pauvre, tandis que les populations proches de la surface exploitent les sources alimentaires plus concentrées[5]. La dominance relative des endogés en savane est renforcée par la pratique des brûlis qui élimine la litière, alors que les formes à action superficielle sont relativement favorisées par le couvert arboré. On observe aussi en conditions tropicales un partage des ressources qui s'effectue selon l'âge des individus, comme cela se produit pour les espèces de nos climats. Si l'humidité est insuffisante, les animaux vivant en profondeur entrent en léthargie (endogés, jeunes anéciques), tant en climat tempéré que tropical. Le retour de l'eau favorise la reprise d'activité, particulièrement des formes qui bénéficient des pluviolessivats organiques. D'autres facteurs que le climat ou la végétation jouent un rôle important et, parmi ceux-ci, la nature du sol qui peut aggraver (ou réduire) les

(1) M. B. Bou ché, « The esta blishment of earthworm communities » in J. E. Satch (ed.), Chapma et Hall, p. 431 1983.
(2) M. B. Bou ché, *in* U. Lol et T. Persson, « Soil organisms as compo nents of ecosys tems », *Proc. 6 th int. coll. soil zool.*, (Stockholm), *25*, 122, 1977.
(3) P. Lavelle The earthworms, *in Ecosystems of the world : tropical savannas* F. Bourlière (ed.), Elsevier 1982.
(4) M. Sausse *Bull. Soc. Zoo France, 106*, 269, 1981.
(5) P. Lavelle *Les vers de ter de la savane de Lamto (Côte-d'Ivoire)*. Ed. ENS, Paris, 1978.

**-organismes et vers de terre collaborent dégrader la matière organique morte.**

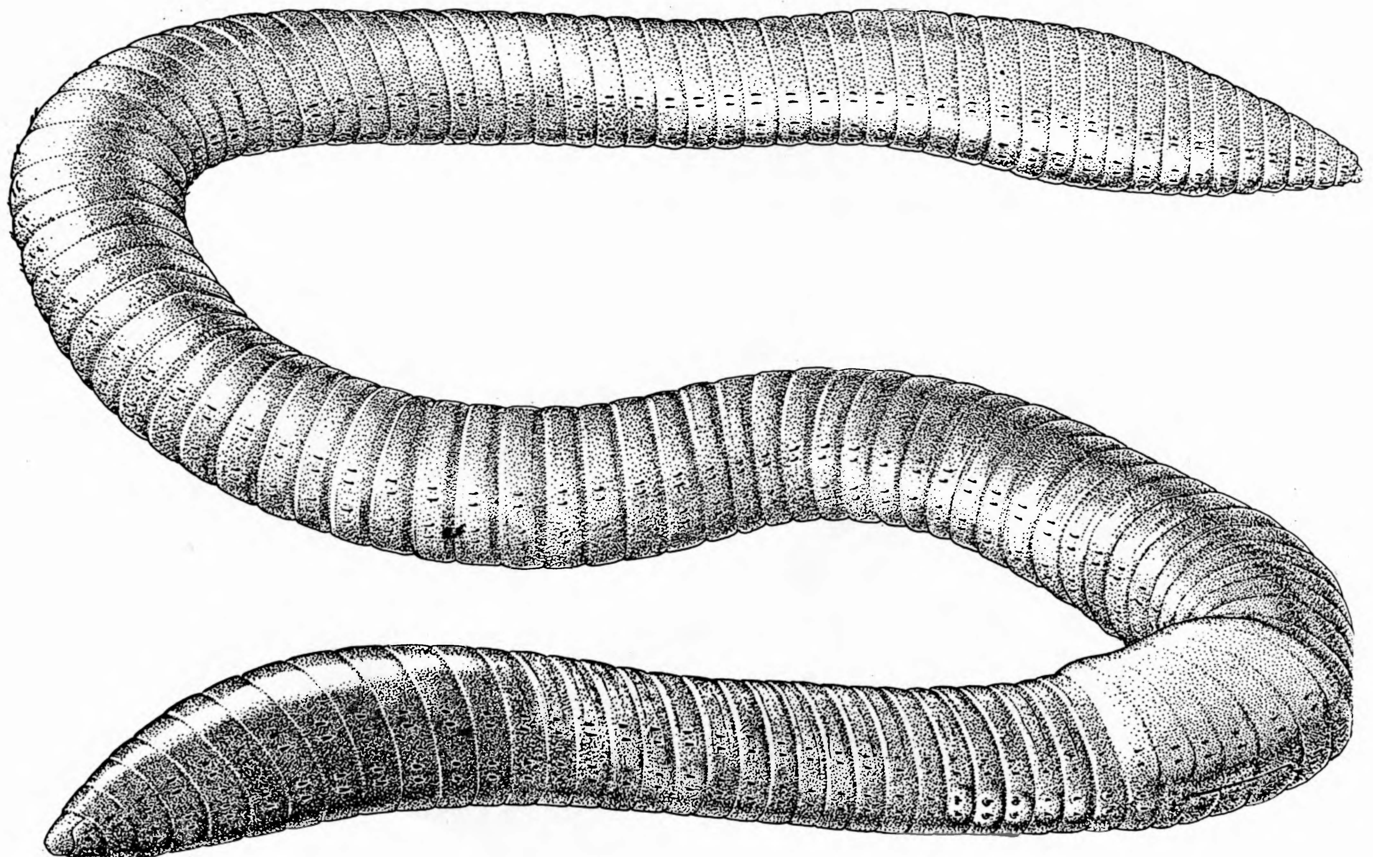
effets d'une situation. Ainsi, dans un sol sablonneux, la réserve d'eau est généralement faible, les pertes en éléments nutritionnels sont abondantes, la végétation est souvent de type coriace de sorte que les vers n'y prolifèrent pas (fig. 4).

Juger de l'état d'une communauté lombricienne est en définitive indissociable de l'état total de l'écosystème. L'étude multifactorielle menée par P. Lavelle[6], qui compare les rares données dont nous disposons, montre que l'organisation des peuplements lombriciens entre la Suède et la Côte-d'Ivoire dépend d'abord de la latitude, puis de l'aptitude de la litière à se décomposer, enfin de la sécheresse.

**Laboureurs et décomposeurs.**

Tous les lombriciens interviennent pour accélérer la décomposition de la matière organique, jouant un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes, notamment pour la croissance végétale. Ils ingèrent, nous l'avons vu, un mélange de débris organiques (surtout végétaux) et de terre : les endogés ont des ingestats plutôt minéraux, les épigés presque exclusivement organiques, tandis que les anéciques, si caractéristiques en milieu tempéré, exploitent activement ces deux substrats. A titre indicatif, une tonne de lombriciens anéciques (soit une masse fréquente sur 1 hectare) ingère environ 250 tonnes de sol par an : un véritable travail de titan ! L'analyse du contenu du tube digestif de ces animaux illustre bien la composition dualiste de leur alimentation. Par exemple, avec F. Toutain et ses collègues du Centre de pédologie biologique de Nancy, nous avons pu montrer que les ingestats contiennent 26 % de matière organique[7]. Celle-ci comporte surtout deux fractions : l'une (37,6 %) est formée de gros éléments (taille $> 100\ \mu m$) de matière organique fraîche ayant des caractères chimiques (rapport carbone/azote) très semblables aux feuilles de la litière, tandis que l'autre (54 %) est constituée d'éléments petits ($< 50\ \mu$ m) étroitement associés aux éléments minéraux et ayant un rapport carbone/azote semblable au sol. On retrouve un mélange de litière de surface, de sol superficiel, de sol profond, d'anciennes fèces de lombriciens; le sol superficiel contient, outre les fèces récentes, une terre qui, de toute façon transite fréquemment dans le tube digestif des vers de terre et comporte des produits divers (racines mortes, humus, etc.). Ce mélange est soumis à un brassage intestinal, puis est évacué sous forme de fèces déposées *dans* le sol ou *sur* le sol en tortillons caractéristiques (les turricules). Une fraction des éléments des fèces se décompose avec perte de $CO_2$ et libération d'éléments minéraux, utilisées par les plantes. Cette décomposition-digestion se fait à l'aide d'attaques microbiennes dans le sol et la cavité intestinale. Si la décomposition n'est pas totale, les lombriciens « recyclent » la matière organique morte en réingérant leurs fèces après une période d'incubation microbienne. Ainsi, une fraction de sol « activée » est soumise périodiquement à un brassage intestinal mélangeant, broyant, brassant et liant une matière végétale récente, une fraction d'ex-fèces (préalablement enrichies) et des couches plus pauvres. La décomposition des déchets organiques se présente en fait comme une succession de digestions microbiennes (dues essentiellement à la microflore des fèces et de la litière), de broyages-destructions et assimilations intestinales réalisées par les lombriciens. Micro-organismes et lombriciens jouent donc un rôle complémentaire dans la dégradation de la matière organique morte. Par exemple, dans la hêtraie, la plus grande part de l'azote recyclable par la litière est séquestrée dans les corps bruns caractéristiques de la couleur des feuilles mortes. Les études conduites à Nancy ont montré que cet élément était libéré de ce blocage, soit par une attaque de champignons blancs, soit par la digestion lombricienne. En fait, les deux mécanismes souvent coexistent et se succèdent.

L'ingestion-digestion conduit par ailleurs à une « véritable » pulvérisation de la microflore qui est successivement avalée et rejetée par les lombriciens. Certains peuplements entiers de micro-organismes sont digérés (protozoaires, algues, etc.) ou partiellement assimilés, d'autres semblent protégés; mais dans l'ensemble les colonies gardent rarement leur intégrité, de sorte que beaucoup de survivants sont dispersés par les lombriciens sur de nouveaux sites. Les micro-organismes survivants sont, à la suite du brassage intestinal, étroitement mêlés aux éléments minéraux et aux fragments



) P. Lavelle, The structure earthworm mmunities », J. E. Satchell d.), Chapman Hall, p. 449, 983.

) M. B. Bouné *et al.*, *Rev. col. Biol. Sol*, , 49, 1983.

organiques avalés par les vers. Enfin, les produits de dégradation du métabolisme des lombriciens fournissent de nouveaux aliments à la microflore. Le transit intestinal n'est donc pas qu'une simple digestion se faisant aux dépens de certains germes; c'est une révolution microbiologique modifiant le statut alimentaire des colonies microbiennes (disponibilité des éléments chimiques et des substrats énergétiques) et leur environnement (jeux d'antibiose, distribution, température, humidité, pH, etc.). Cette révolution à bien des égards est mimée par les fermenteurs de bière ou les incubations biotechnologiques.

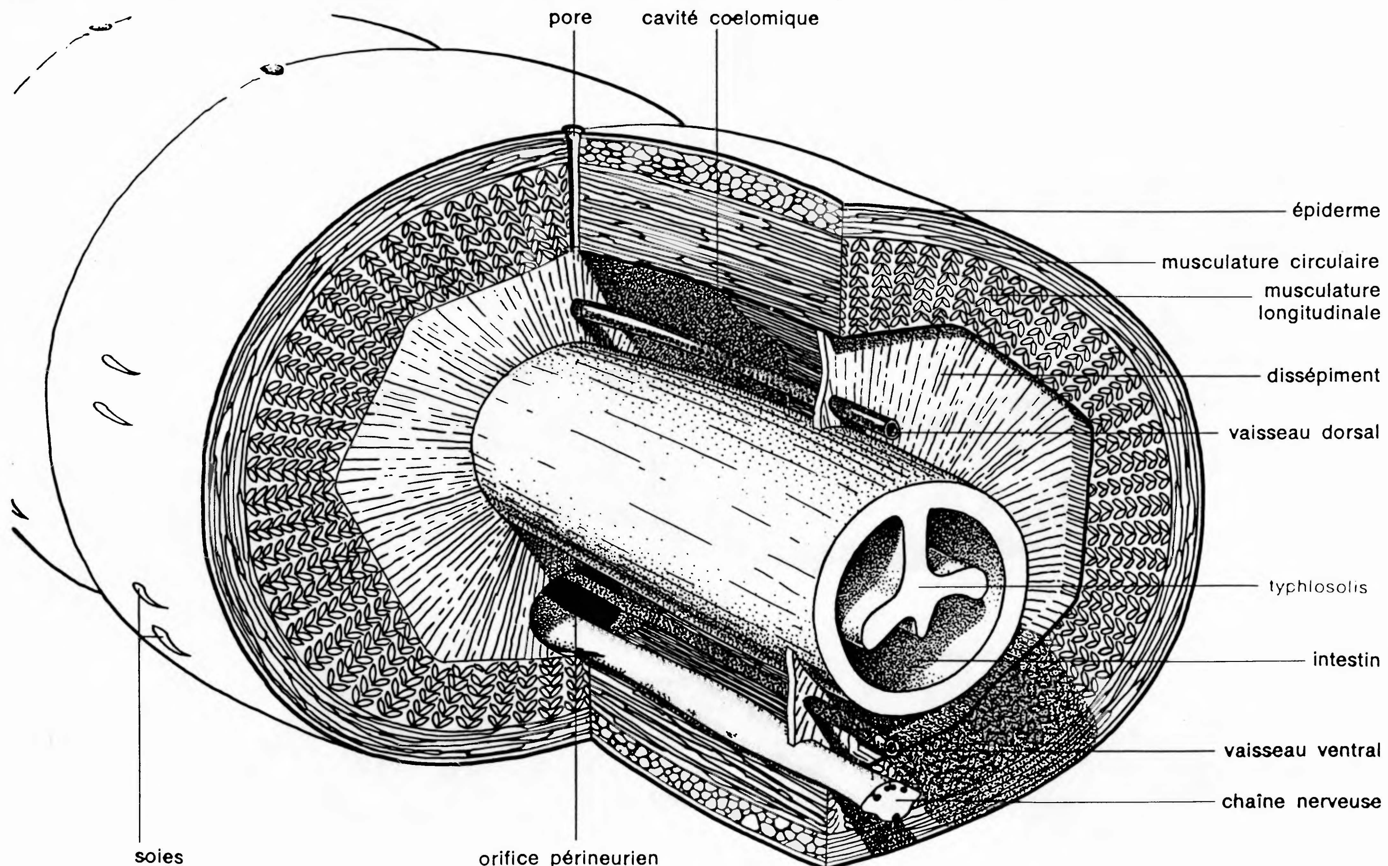
Le transit intestinal a également un autre effet : une fraction de ce qui est avalé par le ver sera assimilée. Les assimilats seront évidemment incorporés dans les tissus des lombriciens, puis, après transformations métaboliques, seront rejetés sous forme de molécules dégradées (gaz carbonique, ammoniaque, urée, etc.), ou élaborées, constituant des dépôts périodiques de mucus abandonné au passage des vers. Certaines sont très dégradées, libérant des éléments simples, ou biogènes, tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le carbone, etc. Ce processus de destruction de la matière organique est qualifié de minéralisation. Il fournit aux plantes des éléments qui sont directement assimilables. Bien que la minéralisation soit classiquement attribuée aux seuls micro-organismes, les mesures directes des flux de carbone, autant que d'azote, me conduisent à attribuer *au moins* 20 % de la minéralisation totale aux vers de terre[8]. Le brassage intestinal libère donc des fèces où particules organiques, minérales et micro-organismes « rajeunis » sont étroitement mêlés. Ces fèces évoluent ensuite très vite sous l'action microbienne, conduisant à une cimentation des éléments en une structure grumeleuse, à une libération des éléments biogènes (phosphore, potassium, etc.) et à la synthèse de macromolécules organiques complexes (l'humus), ces trois nouvelles propriétés étant très favorables aux plantes dont les racines envahissent continuellement les nouveaux dépôts de fèces.

**5 000 km de galeries par hectare.**

Les racines et les micro-organismes bénéficient également des conditions prévalant dans les galeries des lombriciens. Il faut en effet savoir que sur une surface de un hectare, les vers de terre creusent 4 000 à 5 000 km de galeries, qui constituent un milieu aéré, bien drainé et abrité des à-coups climatiques (fig. 5). La porosité n'est pas toujours accrue, notamment si elle est initialement bonne, mais l'écoulement (infiltrabilité) et le stockage des eaux de pluie sont fortement augmentés. De plus, le milieu peut favoriser le démarrage du cycle de l'azote : T. Bhatnagar puis J. Rouelle, travaillant au laboratoire de zooécologie du sol, ont pu écrire que dans notre prairie de référence environ 50 % des bactéries libres qui fixent l'azote se concentrent dans les parois des galeries (1 % du sol)[9].

Ainsi, avec le travail effectué par les

*Figure 2. Les lombriciens sont des annélides ou vers annelés, dont le corps est constitué par une série d'anneaux successifs (les métamères), tous d'anatomie à peu près semblable et se répétant régulièrement. La région antérieure, plus effilée, porte la bouche; la région postérieure, parfois plus renflée et plus aplatie, porte l'anus. Le renflement dorsal, ou clitellum, surtout bien visible au moment de l'accouplement, sécrète un cocon qui reçoit œufs et spermatozoïdes.*
*On voit ci-dessous une vue éclatée d'un métamère banal, montrant la cavité générale, ou cœlome, typique des annélides, la chaîne nerveuse ventrale, le sphincter de l'orifice périneurien (Sp) permettant la communication contrôlée du liquide cœlomique entre cavités cœlomiques de métamères adjacents, les dissépiments cloisonnant chaque métamère entre eux. La paroi externe, outre l'épiderme, a une musculature circulaire responsable des contractions segmentaires, et une musculature longitudinale, plus interne, qui permet l'allongement des segments. Les soies permettent l'accrochage aux terriers et le pore dorsal l'éventuelle évacuation rapide du liquide cœlomique. Cet ensemble constitue un outil pneumatique remarquable, permettant le maintien sans squelette et la reptation par mouvement péristaltique. Le travail musculaire est réglé segment par segment grâce à un chapelet de cavités étanches susceptibles de communiquer entre elles par des sphincters. L'ensemble est lui-même commandé par un système nerveux semi-centralisé. Les ganglions de la chaîne nerveuse et les nerfs segmentaires sont autant de relais locaux d'un système cervical, en relation notamment avec des neurones géants transmettant les influx à l'ensemble du corps (contractions générales rapides, de défense par exemple). Le vaisseau ventral permet au système sanguin fermé d'irriguer d'avant en arrière, le dorsal d'arrière en avant. L'intestin a une surface très étendue grâce au typhlosolis. Ces organes assurent des échanges efficaces avec un milieu gazeux souvent confiné et une alimentation « diluée » dans un substrat largement minéral : le sol.*




(8) M. B. Bo… ché, *Acta Œco… logica, Œc. gen.*, *3*, 127, 1982.
(9) M. Loque… *et al.*, *Pedobio… logia*, *17*, 400, 1977.

*…us les vers de terre ne sont …as des laboureurs.*

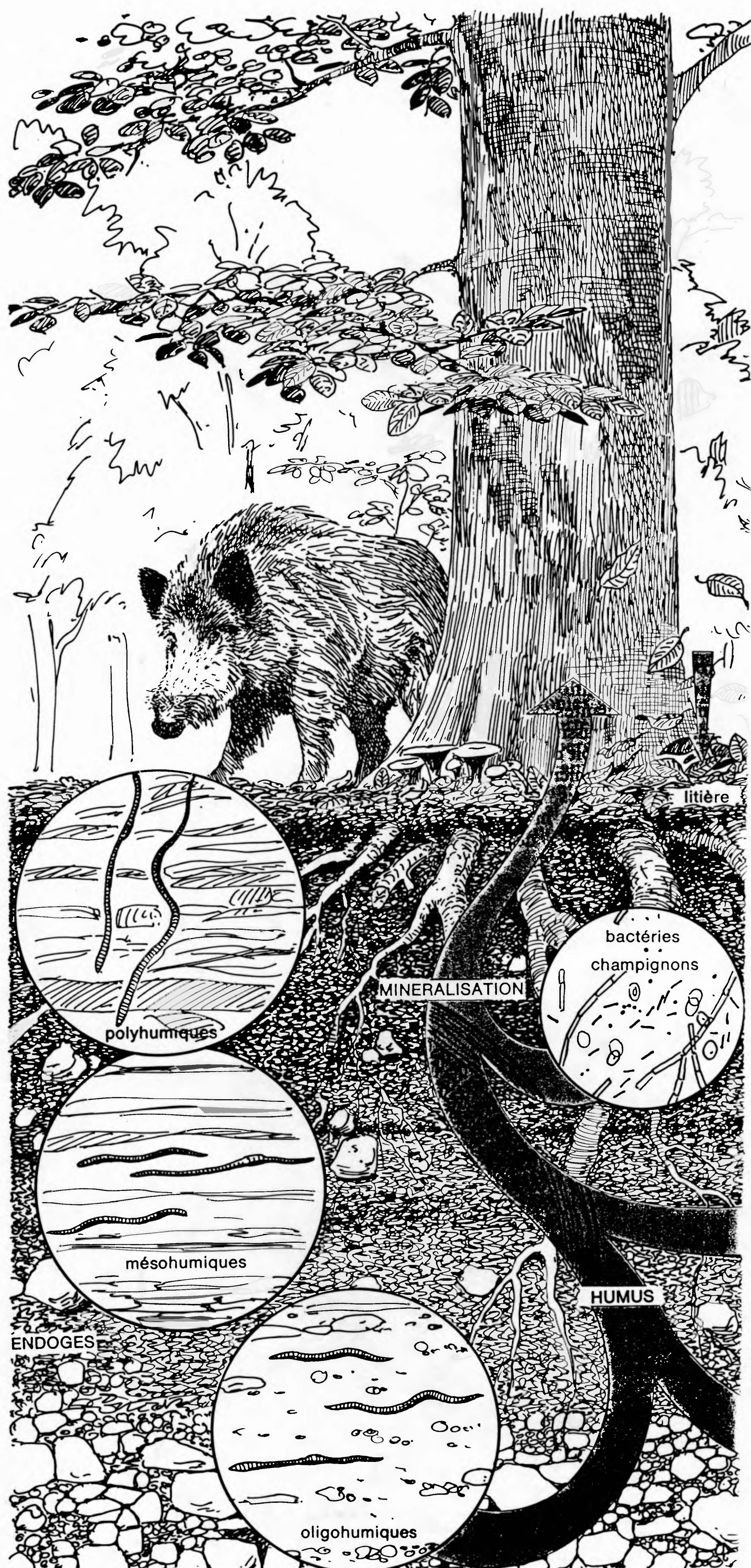
lombriciens, c'est tout le profil du sol qui est modifié. Les couches superficielles, appauvries en éléments fins par le « lessivage » des pluies, sont enrichies par la terre remontée. La matière organique qui tend à s'accumuler en surface est dispersée en profondeur; les mélanges organo-minéraux évoluent en grumeaux stables; l'écoulement des eaux et de l'air est fort modifié.

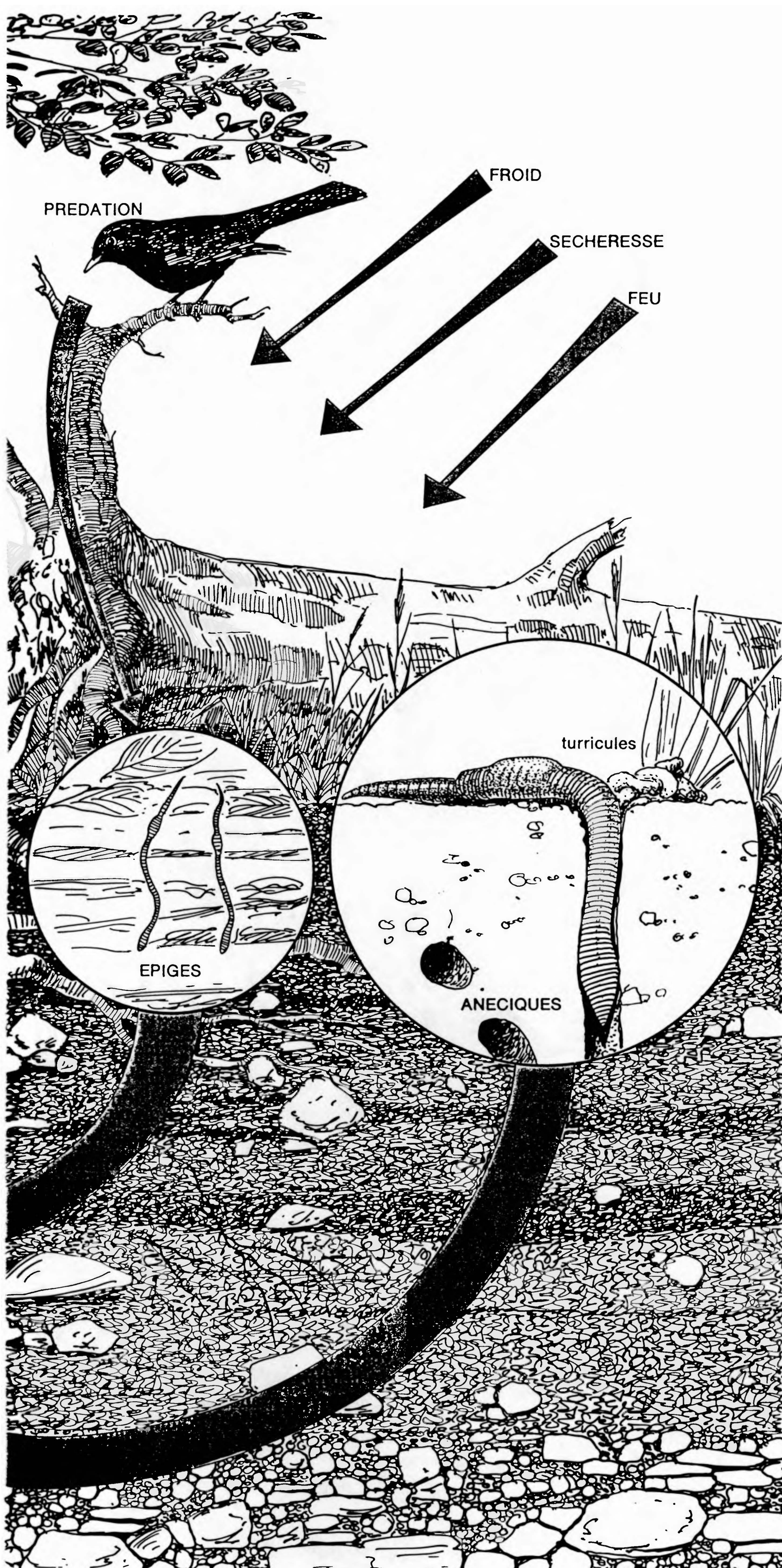
L'effet global sur l'écosystème résultant de ces interactions entre lombriciens, sol, plantes, micro-organismes et climat est rarement mesuré car nos méthodes d'études, toujours très partielles, sont souvent artificielles. Les interprétations contradictoires des essais à court terme observant quelques paramètres analytiques foisonnent. Notons toutefois que les introductions de lombriciens européens (anéciques et/ou endogés), effectuées en Nouvelle-Zélande depuis 25 ans, ont accru considérablement l'activité biologique globale : la production végétale s'est élevée de 70 %, probablement grâce à la minéralisation d'un stock préalablement indisponible; 12 ans plus tard cet accroissement se maintient à 25-30 %. Une introduction additionnelle de lombriciens anéciques (83 g/m$^2$) en présence d'endogés et d'épigés pourtant nombreux (245 g/m$^2$), accroît encore la production de 20 % (sur 10 mois d'une expérience encore en cours )[(10)]. L'effet « lombricien » sur les racines a rarement été quantifié; cependant, le Hollandais Van Rhee, ayant introduit des lombriciens dans un polder fraîchement gagné sur la mer, note un accroissement additionnel des racines de 75 % sur des pommiers de 5 ans. A l'inverse, la destruction des lombriciens entraîne l'accumulation en surface de matière organique mal décomposée et une baisse rapide de l'infiltrabilité et des qualités structurales des sols. En fait, en climat tempéré, la présence ou l'absence des anéciques se traduit par des accumulations organiques très différentes. D'un côté, des sols à accumulation organique avec des humus grossiers, de l'autre des sols n'ayant qu'une réserve de matière organique modérée à humus doux, témoignant d'un recyclage fréquent des éléments libérés par la minéralisation. J'ai pu montrer à partir de plus de 1 200 mesures portant sur toute la France que les anéciques sont d'autant plus nombreux que les sols ont un rapport carbone/azote bas, inférieur à 13, caractéristique des humus doux[(11)].

Mais le rôle des lombriciens ne se limite pas seulement à une action favorable sur le sol et la croissance végétale; ils constituent aussi une source importante de nourriture pour de nombreux animaux. Première masse animale terrestre, les lombriciens fournissent à leurs prédateurs la première masse de protéines « animales », riche notamment en acides aminés indispensables, tels que la lysine, la méthionine, etc.; les lombriciens ont une composition en lipides également étonnante en raison de leur

(10) J. K. Syers et J. A. Springett, « Earthworm ecology in grassland soils », *in* J. E. Satchell (ed.), Chapman et Hall, p. 67, 1983.

(11) M. B. Bouché, *in C. R. du IVe Colloquium Pedobiologiae*, Dijon, sept. 1970, éd. INRA, *Ann. Zool., écol. anim., 71*, 481, 1972.






très grande richesse en acides gras insaturés... Enfin, divers composants, dont l'iode, joueraient un rôle nutritionnel important. Cette masse, qui ne représente pas moins de 1 à 2 t/ha de chair, est exploitée par de nombreux animaux. Si l'on estime à 10 % le prélèvement effectué par ceux-ci, c'est une manne considérable pour les prédateurs et une perte minime, temporaire, pour les lombriciens. Faute d'études, les prédateurs restent cependant mal ou non connus et leurs prélèvements totaux ne sont pas quantifiés. Les poissons bénéficient de cette nourriture lorsque certains lombriciens remontent en surface, au cours des fortes pluies, et sont entraînés par le ruissellement dans les rivières. Les oiseaux sont très nombreux à se nourrir des lombriciens : à côté de spécialistes bien connus, comme la bécasse, la chouette chevêche ou le merle, un grand nombre d'espèces exploite, à notre étonnement, cet aliment. En Suisse, dans le canton de Vaud, G. Cuendet[12] a montré que la mouette a une alimentation constituée à 93 % de lombriciens. La prédation des mammifères est également négligée par les études, bien que l'on reconnaisse aujourd'hui l'importance des lombriciens dans l'alimentation de nombreux carnassiers; parmi ceux-ci, citons le renard (25 %), le blaireau (environ 50 %), etc. Certains groupes sont spécialisés comme la taupe et les suidés. Le porc y trouve naturellement le complément protéique de son alimentation végétale. En Papouasie, C. J. Rose, qui compare la croissance des porcs ayant la liberté de fouir le sol avec celle de ceux ne l'ayant pas, montre

***Figure 3. Les vers de terre se divisent en trois types écologiques principaux, selon leur mode de vie et le milieu dans lequel ils vivent. Près de la surface du sol pullulent les « épigés », formes à démographie galopante, exploitant les zones riches en nourriture mais payant un lourd tribut aux prédateurs et à la sécheresse. Ces espèces se nourrissent uniquement des déchets organiques (feuilles, fruits, fèces et cadavres d'animaux...), qui jonchent le sol. Les « endogés » vivent en permanence dans le sol et se nourrissent essentiellement de terre plus ou moins mélangée à de la matière organique. On y distingue 3 catégories : les oligohumiques qui vivent en profondeur et se nourrissent de terre pauvre en matière organique, les mesohumiques qui s'alimentent d'un sol moyennement riche; et les polyhumiques, petits et filiformes, qui ingèrent surtout des particules organiques. Le 3e grand type écologique est constitué par les « anéciques » qui sont des gros vers de terre, creusant des galeries verticales dans lesquelles ils entraînent les débris organiques du sol et dont ils se nourrissent mélangés à de la terre prise en profondeur. Ils représentent l'essentiel des vers de terre de nos régions. La décomposition de la matière organique par les vers de terre, aidés des bactéries et des champignons, conduit à la libération d'éléments simples (azote, phosphore, potassium, etc.) directement assimilables par les plantes (minéralisation). Par ailleurs, le brassage de la terre par les anéciques et les endogés, qui s'accompagne de la formation d'humus (matière organique étroitement mêlée à la terre), joue un rôle essentiel dans la qualité des sols. Les épigés sont, eux, inaptes à ce travail de la terre, étant spécialisés dans la simple consommation des accumulations organiques.***

(12) G. Cuei det, Etude di comporteme alimentaire d la mouette rieuse (*Larus bibundus* L) ( de son influe sur les peupl ments lombri ciens. Thèse doctorat, fac sci. de l'univ sité de Lausanne, 111 p. 1979.

**vers de terre remettent en état des sols**
**gllisés par les pesticides.**

| SITE | | VEGETATION | SOL-TEXTURE | BIOMASSE MOYENNE (g./m2) | TYPES ECOLOGIQUES endogés | anéciques | épigés |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BRUNOY | FRANCE | charmes | limono-argileux | 174 | 24 | 75,5 | 0,3 |
| LA MADELEINE | FRANCE | chênes verts | argilo-limoneux | 161 | 13,2 | 86,7 | 0,0 |
| BORCULO | FRANCE | prairie | argileux | 132 | 46 | 51,6 | 4,3 |
| CITEAUX | FRANCE | prairie | limoneux | 112 | 13,1 | 82,8 | 3,3 |
| BELLEFONTAINE | FRANCE | hêtres | limono-argileux | 81 | 40,3 | 56,4 | 3,2 |
| SIVRITE | FRANCE | picea | limono-argileux | 35 | 48 2 | 24 | 27,8 |
| LA TILLAIE | FRANCE | hêtres | sableux | 15 | 37,6 | 52 | 10,4 |
| LAMTO | COTE D'IVOIRE | savane arbustive | sableux | 49 | 89,2 | 10,8 | |
| LAMTO | COTE D'IVOIRE | savane herbeuse | sableux | 38 | 97 | 2,9 | |
| LAMTO | COTE D'IVOIRE | savane non brûlée | sableux | 36 | 69,7 | 30,3 | |
| LAMTO | COTE D'IVOIRE | bas-fonds herbeux | sableux | 28 | 96,2 | 3,8 | |
| LAMTO | COTE D'IVOIRE | savane peu arbustive | sableux | 14 | 95,7 | 4,3 | |
| LAMTO | COTE D'IVOIRE | lisière | sableux | 7 | 67,8 | 32,2 | |
| LAMTO | COTE D'IVOIRE | forêt-galerie | sableux | 3,5 | 50,6 | 49,4 | |

*Figure 4. La distribution quantitative des types écologiques de vers de terre varie avec les climats, le sol ou le type de végétation, comme le montre c tableau qui compare quelques sites (Programme Biologique International en France et en Côte-d'Ivoire (Lamto)). Pour les anéciques, par exemple, l qualité des litières joue un grand rôle. Si la litière est formée de feuilles tendres à décomposition rapide, les anéciques l'enfouissent rapidement et son abondants (Brunoy, Cîteaux). Si les feuilles sont résistantes, elles doivent parfois être ramollies et certains lombriciens les enfouissent dans leurs galerie où elles subissent une attaque microbienne (Bellefontaine) avant d'être ingérées. Dans d'autres cas, des anéciques géants sont capables de broyer et ingére des feuilles très résistantes comme celles du chêne vert (La Madeleine). Si les feuilles sont inconsommables, il y a élimination des anéciques : c'est le ca des plantations artificielles de résineux en présence de lombriciens inadaptés (Sivrite, Picea). Les épigés vivant dans les accumulations organiques que leu « laissent » les anéciques peuvent donc être totalement éliminés (La Madeleine) ou exploiter des milieux temporaires (bouses de vache à Cîteaux, Borculo ou profiter de l'inadaptation des anéciques (Sivrite, La Tillaie). Les endogés s'alimentent près de la surface, mais aussi dans le sol à partir des élément incorporés par les racines, les anéciques, les « pluviolessivats » (« écoulement » de matière organique avec les eaux de pluie), etc. Ils seront favorisés pa les sols (ou saisons) à la fois chauds et humides, propices à la décomposition et à l'incorporation gravitaire des pluviolessivats. Ceci explique leur relativ abondance en Normandie (Borculo) par rapport à la Bourgogne (Cîteaux), dans deux prairies par ailleurs assez semblables, et leur omniprésence dans le savanes africaines où ils ne sont actifs qu'en saison des pluies (pour les stations de Côte-d'Ivoire, il est cependant difficile de distinguer les fonctio anéciques et épigées). D'autres facteurs tels que la nature du sol peuvent aggraver (ou réduire) les effets d'une situation. En général, une productio végétale coriace liée à un sol sablonneux (faible réserve d'eau et perte abondante d'éléments nutritionnels) défavorisent tout le système (La Tillaie)*

qu'avec une même alimentation en patates douces, les premiers croissent de 140 g par jour, tandis que les seconds maigrissent; un porc libre consomme journellement entre 414 et 1 224 lombriciens, représentant environ 330 g (soit 29 g de protéines incluant 1,7 g de lysine)[13]. De même, je viens d'observer en Corse une activité intense de fouille des porcs libres dans des lieux où les lombriciens sont le seul aliment disponible. Nos connaissances en ce domaine ne sont qu'esquissées, mais elles montrent l'importance des lombriciens dans l'alimentation de nombreuses espèces. Ceci a des implications tant pour le transfert d'éléments (y compris contaminants) que pour les potentialités économiques futures... qui ne sont souvent qu'un retour aux sources, comme nous allons le voir.

(13) C. J. Rose et W. T. Williams, Ingestion of earthworms, *Pontoscolex corethrurus* by village pigs, *Sus-crofa papuensis* in the highlands of Papua New Guinea (manuscrit non publié).
(14) F. Raw and J. R. Lofty, *Rep. Rothamsted exp. stat.*, 1958, 134, 1959.
(15) G. Ricou, *et al.*, *C. R. Journ. Scient. Ecol. et Dévelop.*, 19-20 sept. 1979, p. 147, CNRS, 1981.

**Un véritable divorce écologique.**

Il est donc évident que les lombriciens jouent un rôle écologique et économique de première importance. Mais l'attitude humaine vis-à-vis des lombriciens est souvent fort éloignée de cette réalité. Animaux souterrains, ne faisant pas de dégâts et n'intervenant que discrètement dans l'écosystème, les lombriciens sont généralement ignorés des responsables décideurs. Il s'agit en fait d'un triptyque, la répugnance esthétique et l'ignorance intellectuelle engendrant une inaptitude technique : non seulement on ne « sait » pas tirer parti des lombriciens mais encore on détruit un capital considérable. Ainsi, les autorisations d'usage de produits chimiques déversés volontairement (pesticides, engrais, etc.) ou « inconsciemment » (fumées, polluants, etc.) dans l'espace rural ne sont assorties d'aucune étude de toxicité vis-à-vis des lombriciens bien que des effets nocifs aient été décrits il y a plus de 20 ans[14] (encadré). Après l'arboriculture fruitière, certaines cultures légumières et les vignes, les céréales sont devenues le lieu de traitements pesticides nombreux et aveugles... entraînant quelques années plus tard des difficultés, comme par exemple la dégradation structurale des sols. Cette situation traduit, entre autres, le morcellement intellectuel des « recherches » conduites. Les pesticides responsables sont même « considérés » classiquement comme particulièrement utiles puisque, outre la destruction du ravageur des cultures, on observe un effet positif additionnel sur les récoltes dans le court terme des essais classiques aux champs; la cadavérisation de la biomasse lombricienne libérant de l'azote pourrait expliquer une part au moins de cet effet. De même, la stabilité structurale des sols est attribuée à la seule matière organique.. sans tenir compte des processus macro biologiques et microbiologiques de constitution des agrégats de sol. La dégradation des sols de grandes cultures concomitante avec l'usage de certains pesticides, néfastes aux lombriciens pourrait pourtant être liée à la destruction de ce capital biologique. Les approches « expérimentales » ponctuelle et de courte durée, partout à l'honneur ne permettent pas un bilan des relation en cause.

Cette attitude nous prive ainsi de précieux auxiliaires que sont les lombriciens. Les vers de terre utilisent pourtan spontanément une part non négligeabl de l'énergie « perdue » fixée par le végétaux : c'est l'énergie non collectabl de débris végétaux dont l'ordre de grandeur est, en France, comparable à l'énergie maîtrisée par l'homme. Le trava réalisé à partir de cette énergie « perdue » se traduit par une économie d'engrais azotés notamment, un brassage fi et un micro-drainage profond des sols Une part non négligeable des propriété des sols culturaux dépend de cette activit animale[15]... S'il est possible de se subst

tuer à ces animaux par le tracteur, par les engrais azotés... ces substituts trouvent vite leurs limites en forêt, en prairie artificielle[16], en sol caillouteux ou pentu, voire en grande culture où l'intérêt du labour est parfois contesté. Tenir compte des lombriciens dans les choix techniques est possible : il y a rarement incompatibilité entre pratiques agricoles et lombriciens.

**Exploiter habilement les vers de terre.**

Mais il y a mieux... *On peut utiliser ces animaux sciemment.* Leur faible pouvoir migrateur et le cloisonnement des populations dans des espaces relativement restreints ont pour corollaire l'existence de niches vides, de rôles non remplis qui pourraient être assurés par des populations « importées » d'autres lieux. Par exemple, la recolonisation postglaciaire de l'Europe a été assurée par quelques dizaines d'espèces lombriciennes ayant laissé des espaces inoccupés qui leur étaient impropres, mais qui pourraient convenir aux centaines de souches bloquées au sud de l'Europe. L'homme crée par ailleurs des conditions inadéquates aux populations locales : ainsi la déforestation de la Nouvelle-Zélande a éliminé de nombreux lombriciens autochtones; or l'introduction d'abord involontaire, puis raisonnée, de vers de terre européens a permis de reconstituer une activité biologique des sols, dont nous avons vu l'intérêt économique plus haut. En Europe, la généralisation des boisements en conifères (pins, sapins, etc.) a entraîné la suppression de l'enfouissement de la litière, les lombriciens anéciques autochtones n'ingérant pas les aiguilles de résineux. Cette litière inflammable est à l'origine d'acidifications et de dégradations des sols potentiellement fragiles[17]. Là encore, l'introduction de lombriciens adéquats pourrait corriger ce défaut. Il est enfin probable que la remise en état des sols actuellement défaunés par les pesticides devra être entreprise si l'on veut rétablir les qualités agronomiques des plus fragiles d'entre eux; il en est de même de nombreux sols intertropicaux actuellement en cours de dégradation accélérée. Il y a également incompatibilité entre l'emploi aveugle de pesticides et l'extension des semis directs, c'est-à-dire la culture sans labour mécanique où les lombriciens, reprenant leur place de « laboureurs », sont indispensables. La mise en culture de sols à drainage difficile ou initialement salés (polders...) serait aussi favorisée par l'introduction de lombriciens adéquats.

Tout au plus venons-nous d'amorcer cette technique en réussissant de telles introductions dans des sols dégradés des Landes (avec l'équipe du professeur Trehen de l'université de Rennes), dans des polders charentais, dans des sols reconstitués et peut-être sous-résineux. Ceci pour indiquer que cette utilisation n'est pas utopique et peut conduire à d'importants résultats techniques comme vient de l'établir une équipe néerlandaise sur polder. Ceci n'est pas à confondre avec la vente des vers de terre miracles produits en élevages soi-disant spéciaux. Ces lombriciens sont des épigés banals, incapables de survivre en sol agricole et surtout de fournir le travail des endogés et anéciques, lesquels n'ont pas besoin d'être élevés pour cet usage.

L'étude des peuplements lombriciens apporte en soi des informations précieuses. Leur présence nous renseigne sur la fertilité des milieux, ils nous indiquent qualitativement (et peut-être demain quantitativement) le mode de fonctionnement biologique des sols et nous renseignent à la fois sur l'histoire de leur installation, et sur les conditions particulières de leur adaptation ou de leur maintien. Ainsi, leur étude peut contribuer à l'appréciation des potentialités des milieux, importante pour le gestionnaire[18].

Une autre information précieuse est le degré de contamination d'un milieu terrestre par les micropolluants organiques, organochlorés, métaux lourds, etc. Ces données sont généralement difficiles à établir avec précision en raison notamment de l'hétérogénéité des sols. Une même quantité de contaminants peut représenter des dangers totalement différents selon la mobilité biologique réelle du produit incriminé dans les divers sols. En prélevant non plus des échantillons de sol, mais en dosant les tissus de lombriciens, les difficultés analytiques s'estompent et l'expression des résultats reflète l'équilibre d'une bioaccumulation par rapport aux fractions biologiquement actives du sol (micro-habitats colonisés par les micro-organismes et les racines), les propriétés intestinales d'assimilation des lombriciens étant par ailleurs proches de celles des autres animaux de l'écosystème concerné, cette expression a une valeur probablement générale. Nous avons pu vérifier la faisabilité de ce bioéchantillonnage vis-à-vis des grandes catégories de contaminants; il est l'un des rares moyens possibles dans les sols. J. Tarradellas et ses collaborateurs ont pu ainsi, à l'Ecole polytechnique de Lausanne, caractériser les polychlorobiphényls, des produits particulièrement préoccupants; plus récemment une équipe italienne de Padoue l'a utilisé pour la dioxine de Seveso. Les données obtenues, facilitant la comparaison de la « disponibilité » biologique de la contamination entre divers milieux, permettent aussi une appréciation du transfert des contaminants vers les prédateurs de vers de terre, dont certains aboutissent à l'homme (via le gibier, les élevages traditionnels de porcs, de volailles, etc.).



*Figure 5. D'une façon générale, le travail physique des lombriciens, et notamment les galeries qu'ils creusent et la structure grumeleuse du sol en résultant, favorisent la pénétration de l'air, de l'énergie (matière organique) et de la vie. Ici, des racines de moutarde profitent de l'aubaine et tapissent une galerie habitée (cliché Diercxens, E.P.F. Lausanne).*

## PESTICIDES ET VERS DE TERRE



**Les pratiques agricoles modernes ont souvent des conséquences désastreuses sur la faune du sol. Notamment, le traitement des cultures par les pesticides entraîne, quelques années après, des difficultés, comme par exemple la dégradation structurale des sols. Il apparaît en effet qu'en l'état actuel, l'usage de ces produits est autorisé et apprécié sur la base d'études partielles et de bilans culturaux à court terme ne tenant pas compte des lombriciens. Ceci a effectivement créé une situation très préoccupante, voire catastrophique, dans certains sols. Mais ce jugement global résulte d'une utilisation aveugle des pesticides et l'auteur de l'article tient à préciser que les rares études d'écotoxicologie conduites sur le sujet semblent indiquer qu'il serait possible de concilier usage des pesticides, activité lombricienne et par conséquent bon état des sols (cliché Hug, Explorer).**

**Dépollution et lombricompostage.**

Les lombriciens peuvent enfin jouer un rôle important dans le traitement des déchets organiques accumulés par l'homme : ordures ménagères, boues d'épuration, lisiers d'élevage, rejets des industries agro-alimentaires, etc. C'est en effet par millions de tonnes que les déchets, souvent mêlés de produits indésirables (verres cassés, plastiques, contaminants, germes pathogènes, etc.) sont concentrés sur des espaces restreints (décharges par exemple), posant de graves problèmes environnementaux. Le

(16) F. Rama *C. R. Journ. Scient. Ecol. e Dévelop.*, 19-20 sept. 1979, p. 267, CNRS 1981.
(17) A. Noirf *Aménagement des forêts*. Pub Conseil Europe, Sauvegarde de la Na ture, 1968.
(18) G. Ricou *et al.*, *C. R. Journ. Scient. Ecol. et Dévelop.*, 19-20 sep 1979, p. 478, 1981.

**Il existe des pizzas et des hamburgers à base de lombrics !**

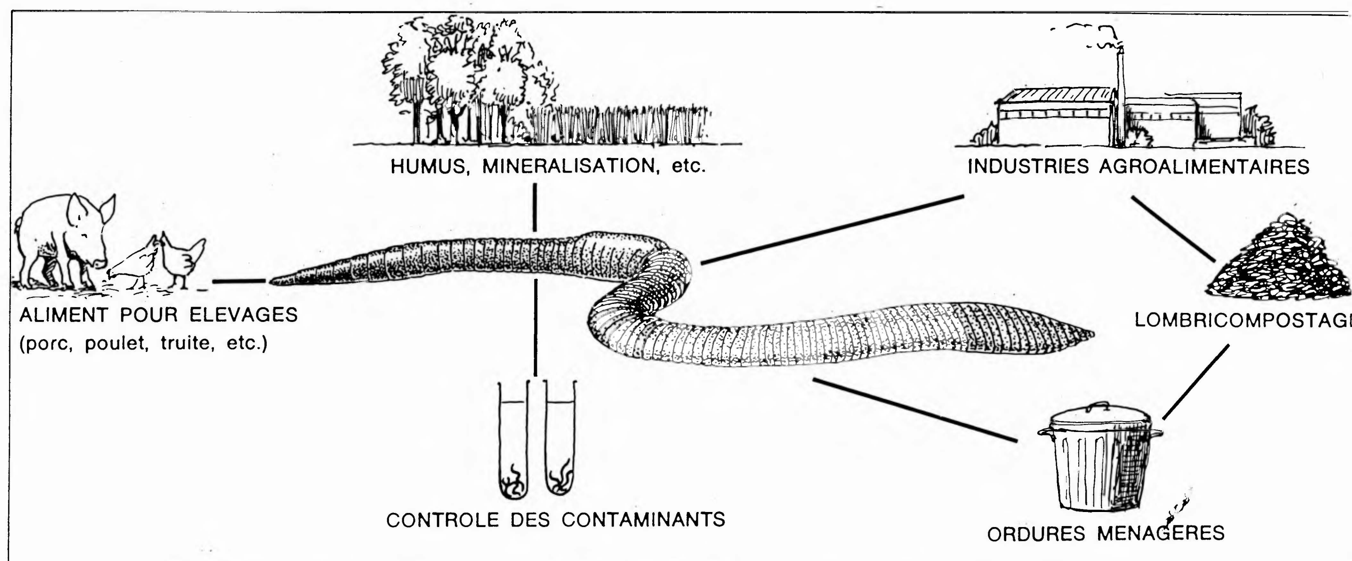



*Figure 6. Les vers de terre peuvent être « exploités » utilement à de nombreuses fins. Dans leur milieu naturel, ils contribuent à donner au sol une bon qualité agronomique tout en permettant une économie d'engrais car ils fournissent aux plantes des éléments directement assimilables. Leur introducti raisonnée dans des régions biologiquement appauvries par les pesticides ou par les déboisements intensifs, par exemple, peut aider à remettre les sols état. Les lombriciens constituent également un moyen utile pour établir le degré de contamination d'un milieu, en réalisant un dosage de leurs tiss Enfin, élevés sur des déchets organiques (ordures ménagères, déchets d'industries...), ils peuvent réaliser une séparation naturelle des prod indésirables (verre, plastiques...) et produire un terreau ou lombricompost, utilisable en horticulture. Source naturelle de nourriture pour de nombre prédateurs, ils peuvent aussi servir à alimenter divers animaux d'élevage (porcs, volailles, poissons de pisciculture...).*

recyclage naturel est ici rompu : les déchets s'accumulent, ils sont considérés comme « non valorisables » et « polluants ». Or le traitement des déchets organiques par les lombriciens est une opération parfaitement réalisable, comme le montrent des essais économiques encourageants que j'ai initiés en France avec des épigés typiques (*Eisenia fetida*). En somme, il s'agit de remettre les lombriciens à leur place dans le cycle naturel. Ils ingèrent, nous l'avons vu, la matière organique et produisent des fèces « calibrées » à la taille de leur tube digestif (quelques millimètres) : on peut séparer par criblage les matières indésirables (verre, plastique, etc.), par exemple, dans les ordures ménagères, tout en obtenant un terreau constitué en partie de fèces. Ce « lombricompost » pourrait être utilisé en agriculture ou en horticulture, où le terreau de qualité est toujours fort recherché et actuellement largement importé. De plus, les lombriciens élevés dans ces conditions pourraient servir de nourriture à maints élevages (porcs, volailles, poissons, etc.). Ils ont une croissance rapide, se reproduisent vite et, d'après mes calculs, on pourrait obtenir par tonne d'ordures au moins 6 kg poids sec de « farine de lombriciens », dont la qualité alimentaire est équivalente à la farine de poisson. Si, pour la petite histoire, certaines « pizzas » et « hamburgers » californiens contiennent déjà des lombrics, c'est bien évidemment l'alimentation des animaux domestiqués qui pourrait constituer un débouché important de la lombriculture. Par ailleurs, comme les lombriciens accumulent, nous l'avons vu, de nombreux contaminants, la surveillance du produit « lombricien » autorise simultanément un contrôle du terreau obtenu et une enquête sur ces sources de nuisances. Le lombricompostage permet donc à la fois la valorisation des déchets, la production d'aliments riches en acides gras et protéines, la production d'un terreau et la surveillance des contaminants (fig. 6). Il nécessite toutefois un développement technologique qui reste largement à mettre en œuvre, dans le cadre des contraintes économiques et techniques propres au traitement des déchets[19].

Les usages potentiels des lombriciens ne manquent donc pas : leur rôle naturel de « laboureur » peut compléter harmonieusement les techniques agricoles, leur introduction raisonnée contribue à stimuler ou restaurer des sols; ils sont de bons indicateurs de fertilité des sols ou de contamination d'un milieu; enfin, ils peuvent aider au traitement des déchets, constituer une source d'aliments et de terreau. Ils sont exploitables aussi bien dans les zones de cultures intensives que dans des régions marginalisées. Et leur utilisation potentielle concerne tant des productions traditionnelles, comme les espaces herbacés ou les forêts, que celles de l'« avenir » (aquaculture), les villes (déchets) et les industries (polluants). Les usages multiples complémentaires restent tous à mettre en œuvre concrètement, et sont souvent à un stade de recherche très élémentaire[20].

Cette situation montre le véritable divorce écologique qui existe entre l'homme et son environnement. Que l'on puisse « interpréter » le fonctionnement de notre milieu terrestre et que l'on développe l'agronomie moderne en négligeant le commensal de l'homme le plus abondant et omniprésent montre que notre approche de notre écosystème est encore fortement biaisée par des traditions séculaires, donnant la primauté à « l'évidence » (la partie *visible* au déti ment de la souterraine) et aux raisonn ments simplistes. La question est savoir combien de temps nous pourro continuer d'utiliser des moyens physic chimiques (voire biologiques) de plus plus puissants et sophistiqués sur système naturel largement ignoré. question est de savoir combien de tem nous pourrons continuer de négliger l possibilités offertes et dilapider un capit travaillant pour nous spontanément.

Valoriser les résultats de la recherc ayant trait aux lombriciens est aujou d'hui possible... si on le désire. Ce implique que la recherche, y comp fondamentale qui leur est dévolue, reste pas à l'état de « traces » sa commune mesure avec leur importan réelle dans notre environnement. Not crise économique, voire écologique environnementale, ne peut se régler ignorant les paramètres majeurs de not système et, parmi ceux-ci, les lombricie devraient compter. Est-il possible laisser les perspectives ouvertes indéfin ment en l'état ?

(19) M. B. Bouché, *IULA Nouvelles*, *3*, 9, 1982.
(20) C. A. Edwards, « Earthworms, soil fertility and plant growth », *Proc. Workshop on the rôle of earthworms in the stabilization of organic residue*. Beach Leaf Press, Kalamazoo, Michigan, 61, 1981.

## Pour en savoir plus


- M. B. Bouché, *Lombriciens de France, Ecologie et systématique*. Ed. INRA, *Ann. Zool. Ecol. anim.*, numéro spécial, 72, 1972.
- C. A. Edwards and J. R. Lofty, *Biology of earthworms*. Chapman and Hall, London Publishers, 1977.
- G. Bachelier, *La faune des sols, son écologie et son action*. Ed. ORSTOM, Bondy, 1978.
- K. E. Lee, *Earthworms : their ecology and relationship with soil*. Academic Press, London, 1984.
- *L'élevage du ver de terreau*, ITAVI, 1984.

- Pour une bibliographie plus complète voir page 902.